

Halina KAMIONKA-MIKUŁA

Instytut Informatyki Czasu Rzeczywistego
Politechniki Śląskiej

SYNTEZA UKŁADÓW SEKWENCYJNYCH UPROSZCZONĄ METODĄ TABLIC
KOLEJNOŚCI ŁĄCZEŃ, ZJAWISKO HAZARDU

Streszczenie. W pracy rozważano możliwość występowania hazardu w sekwencyjnych układach określonych za pomocą uproszczonej metody tablic kolejności łączy [1], [2], [4].

Wykazano, że rozwiązanie układów sekwencyjnych określone ściśle z regułami "uproszczonej metody" jest wolne od hazardu.

Rozważano przypadki, kiedy synteza układów sekwencyjnych prowadzona jest nie ściśle z regułami "uproszczonej metody". Dla tych przypadków sformułowano niezbędne warunki, które należy uwzględnić dla określenia układów wolnych od hazardu.

1. WPROWADZENIE

W przypadku, gdy elementy wyjściowe sekwencyjnego układu przełączającego powinny zmieniać swój stan w ściśle określonej kolejności, szczególnie przydatną metodą syntezy jest metoda tablic kolejności łączy [1], [2], [3], [4], [8].

Klasyczna metoda siatek przejść [5], [4], [7] problemu tego nie rozwiązuje.

W metodzie tablic kolejności łączy można wyróżnić następujące zasadnicze etapy syntezy:

1. Przedstawienie programu pracy układu w postaci tablicy kolejności łączy.
2. Sprawdzenie, czy utworzona tablica jest rozwiązalna. W przypadku, gdy tablica jest nierozwiązalna, określenie rozwiązalnej tablicy kolejności łączy przez wprowadzenie dodatkowych elementów pośredniczących [8].
3. Na podstawie rozwiązalnej tablicy kolejności łączy określenie wyrażeń logicznych dla wyjść i elementów pośredniczących.

Trzeci etap syntezy może być realizowany dwoma sposobami: na podstawie stanów numerycznych układu [3], [4] lub "metodą uproszczoną" [1], [2], [4]. Metoda tablic kolejności łączy, w której wyrażenia logiczne określa się "metodą uproszczoną", nazywana jest uproszczoną metodą tablic kolejności łączy.

Uproszczona metoda tablic kolejności łączy jest przydatna szczególnie wtedy, kiedy liczba sygnałów wejściowych, wyjściowych i pośredniczących jest stosunkowo duża. Wtedy metody operujące siatkami stają się nieprzydatne w praktyce.

Stosując uproszczoną metodę tablic kolejności łączy jako podstawę do określenia rozwiązania dla dowolnego elementu W wyjściowego lub pośredniczących przyjmuje się pojedynczy cykl pracy układu.

W pojedynczym cyklu pracy układu może wystąpić jeden lub kilka cykli pracy elementu W , czyli kilka jego cykli wyłączenia i załączenia. Dla ułatwienia rozważań przyjmuje się, że w i -tym cyklu pracy występuje cykl załączenia przed cyklem wyłączenia. Warunki działania dotyczące i -tego cyklu załączenia elementu W nazywane są w dalszej części pracy i -tymi warunkami działania tego elementu i oznaczone są symbolem W_i . Warunki niedziałania dotyczące i -tego cyklu wyłączenia nazywane są i -tymi warunkami niedziałania.

Uproszczoną metodę tablic kolejności łączy warunki W_i określa się w postaci wyrażenia:

$$W_i = U'_i \overline{U''_i} \quad (1)$$

gdzie:

U'_i - warunki zadziałania elementu W w i -tym cyklu jego pracy,

U''_i - warunki wyłączenia (czyli zwolnienia) elementu W w i -tym cyklu jego pracy.

Warunki U'_i oraz U''_i powinny być tak dobrane, aby:

- 1 - podczas i -tych warunków działania elementu W istniały warunki zadziałania U'_i oraz negacje warunków wyłączenia $\overline{U''_i}$ oraz
- 2 - warunki U'_i nie istniały w żadnych taktach nie należących do i -tych warunków działania.

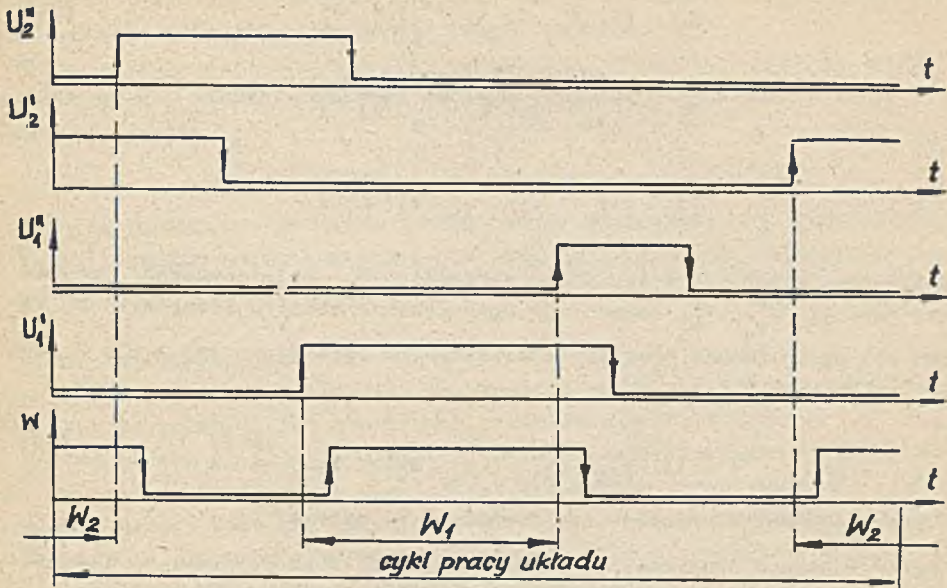
Rysunek 1 ilustruje wartości wyrażeń U'_i, U''_i określone zgodnie z warunkami 1 i 2 (dla $i = 1, 2$).

Warunki działania elementu W w pełnym cyklu pracy układu są sumą warunków działania tego elementu dotyczących poszczególnych jego cykli załączenia, czyli określone są wyrażeniem:

$$W = \sum_{i=1}^n W_i \quad (2)$$

gdzie n oznacza liczbę cykli pracy elementu W występujących w pełnym cyklu pracy układu.

Często warunki zadziałania U_i oraz warunki wyłączenia U''_i określone są funkcjami jednoargumentowymi odpowiednio F'_i oraz F''_i , gdzie F'_i oznacza argument zmieniający swoją wartość w takcie poprzedzającym i -ty cykl



Rys. 1. Ilustracja przebiegów czasowych dla sygnałów: U_2'' , U_2' , U_1'' , U_1' załączenia, czyli w taktcie rozpoczynającym i-te warunki działania, a F_1'' oznacza argument zmieniający swoją wartość w ostatnim taktcie i-tego cyklu załączenia czyli w taktcie rozpoczynającym i-te warunki wyłączenia. Wtedy:

$$W_1 = F_1' \overline{F_1''} \quad (3)$$

Jeżeli warunki U_1' oraz U_1'' określone funkcjami jednoargumentowymi F_1' oraz F_1'' nie spełniają podanych wcześniej warunków: 1 lub 2 to wyrażenie (3) należy uzupełnić funkcjami:

- f'_{a_1} - funkcja dodatkowa zabezpieczająca przed pojawieniem się warunków zadziałania U_1' we wszystkich taktach poprzedzających i-te warunki działania,
- f'_{b_1} - funkcja dodatkowa zabezpieczająca przed pojawieniem się warunków zadziałania U_1'' we wszystkich taktach występujących po i-tych warunkach działania,
- f'_{c_1} - funkcja zapewniająca utrzymanie warunków zadziałania we wszystkich taktach należących do i-tych warunków działania,
- f''_1 - funkcja zapewniająca istnienie negacji warunków wyłączenia we wszystkich taktach należących do i-tych warunków działania.

W zależności od tego, która z funkcji składowych warunków zadziałania F_1' , f'_{c_1} czy $(F_1' + f'_{c_1})$ wymaga ograniczenia obszaru swojego istnienia, wprowadzona w tym celu funkcja f'_{a_1} lub f'_{b_1} mnożona jest przez F_1' , f'_{c_1} lub $(F_1' + f'_{c_1})$ i wyrażenie dla W_1 przyjmuje postać odpowiednio:

$$W_1 = (F'_1 f'_{a_1} f'_{b_1} + f'_{c_1}) \overline{F''_1 f''_1} \quad (4a)$$

$$W_1 = (F'_1 + f'_{c_1} f'_{b_1} f'_{a_1}) \overline{F''_1 f''_1} \quad (4b)$$

lub

$$W_1 = (F'_1 + f'_{c_1}) f'_{a_1} f'_{b_1} \overline{F''_1 f''_1} \quad (4c)$$

W bardziej złożonych przypadkach wyrażenie W_1 może wymagać wprowadzenia funkcji f'_{a_1} , f'_{b_1} osobno dla ograniczenia obszaru istnienia F'_1 i osobno dla ograniczenia obszaru istnienia f'_{c_1} . Wtedy wyrażenie dla W_1 może przyjąć postać:

$$W_1 = F'_1 f'_{a_{I1}} f'_{b_{I1}} + f'_{c_1} f'_{a_{III1}} f'_{b_{III1}} \overline{F''_1 f''_1} \quad (4d)$$

W pracy używane są następujące symbole i wyrażenia:

HSD(x) - hazard statyczny w warunkach działania ze względu na zmianę argumentu x,

HSn(x) - hazard statyczny w warunkach niedziałania ze względu na zmianę argumentu x,

HD(x) - hazard dynamiczny ze względu na zmianę argumentu x,

stabilne stany działania elementu W - te takty należące do warunków działania elementu W, w których sygnał w posiada wartość 1, czyli takty należące do warunków działania oprócz taktu rozpoczynającego dane warunki działania,

stabilne stany niedziałania elementu W - te takty należące do warunków niedziałania elementu W, w których sygnał w posiada wartość 0, czyli takty należące do warunków niedziałania oprócz taktu rozpoczynającego dane warunki niedziałania,

niestabilny stan działania elementu W - takt rozpoczynający warunki działania,

niestabilny stan niedziałania elementu W - takt rozpoczynający warunki niedziałania.

Celem niniejszej pracy jest sprawdzenie, czy rozwiązanie otrzymane uproszczoną metodą tablic kolejności łączeń jest wolne od hazardu [6].

W klastycznej metodzie tablic kolejności łączeń [1], [2], [3] zakłada się w każdym takcie cyklu pracy układu zmianę stanu tylko jednego elementu, a więc zmianę stanu tylko jednego sygnału wyjściowego, wejściowego lub pośredniczącego. Założenie takie sprawia, że otrzymane rozwiązanie jest wolne od zjawisk hazardu [13], takich jak: wyścig [5], hazard funkcyjny i hazard strukturalny wynikający z równoczesnej zmiany kilku sygnałów.

Celem uniknięcia hazardu istotnego [12] należy w pętłach sprzężeń zwrotnych sygnałów zapewnić odpowiednio duże opóźnienie.

Praca zajmuje się więc analizą rozwiązania określonego "metodą uproszczoną" z punktu widzenia hazardu strukturalnego wynikającego z pojedynczych zmian wejść.

2. ANALIZA ZE WZGLĘDU NA HAZARD STRUKTURALNY WYNIKAJĄCY Z POJEDYNCZYCH ZMIAN SYGNAŁÓW, PRZEPROWADZONA DLA ROZWIĄZANIA OKREŚLONEGO UPROSZCZONEJ METODĄ TABLIC KOLEJNOŚCI ŁĄCZEŃ

Jeżeli w wyrażeniu (2) dla elementu W występuje argument w , to element W jest elementem pamięci. Występujący w tym wyrażeniu hazard może prowadzić do trwałych lub chwilowych przekłamań pracy elementu.

Jeżeli wyrażenie (2) dla elementu W nie zawiera argumentu w , to element W zależy kombinacyjnie od swoich argumentów. Występujący w takim wyrażeniu hazard może prowadzić jedynie do chwilowych przekłamań pracy elementu W , ale ze względu na to, że element ten w rozważanych układach sekwencyjnych może sterować innymi elementami pamięci, hazard ten może powodować trwałe przekłamań układu. W wyrażeniach W_1 , określonych w postaci (4a), (4b), (4c) lub (4d), warunki wyłączenia posiadają taką samą postać $U_1'' = F_1'' f_1''$. W poprawnie określonym wyrażeniu W_1 wyrażenie U_1'' ma postać iloczynu pojedynczych argumentów, z których każdy występuje tylko w postaci prostej lub tylko w postaci zanegowanej. Taka postać jest jednocześnie alternatywną postacią normalną czyli wolną od HD i HSn [6] i koniunkcyjną postacią normalną wolną od HD i Hsd [6]. Negacja tego wyrażenia $F_1'' f_1''$ jest również wolna od hazardu.

Warunki zadziałania U_1' w wyrażeniach: (4a), (4b), (4c) i (4d) określone są odpowiednio: $U_1' = F_1' f_{a_1}' f_{b_1}' + f_{c_1}'$, $U_1' = F_1' + f_{c_1}' f_{b_1}' f_{a_1}'$, $U_1' = (F_1' + f_{c_1}') f_{a_1}' f_{b_1}'$ lub $U_1' = F_1' f_{a_{II}}' f_{b_{II}}' + f_{c_1}' f_{a_{III}}' f_{b_{III}}'$.

W każdym z tych poprawnie określonych wyrażeń dany argument układu może wystąpić tylko w jednej z funkcji składowych, czyli w wyrażeniach (4a), (4b) i (4c) w funkcji: F_1' , f_{a_1}' , f_{b_1}' lub f_{c_1}' , a w wyrażeniu (4d) w funkcji: F_1' , $f_{a_{II}}'$, $f_{a_{III}}'$, $f_{b_{II}}'$, $f_{b_{III}}'$ lub f_{c_1}' . Zatem wyrażenia określające warunki zadziałania U_1' w zapisach (4a), (4b), (4c) lub (4d) ze względu na swoją postać algebraiczną są wolne od hazardu.

Warunki działania W_1' , określone zapisem (4a), (4b), (4c) lub (4d), mają postać iloczynu dwóch wyrażeń U_1' oraz U_1'' , z których każde wolne jest od hazardu.

W wyrażeniu o takiej postaci nie może wystąpić zjawisko Hsd ani HD, a zjawisko HSn przy zmianie argumentu x może wystąpić wtedy i tylko wtedy, gdy istnieje taki stan (różny od \emptyset) pozostałych argumentów wyrażeń U_1

i U''_1 , dla którego $U'_1 = U''_1 = x$ lub $U'_1 = U''_1 = \bar{x}$. Wtedy wyrażenie $W_1 = U'_1 U''_1 = x\bar{x}$. Stan taki w tablicy kolejności łączy objawia się w ten sposób, że istnieje takt nie należący do i-tych warunków działania, w którym wraz ze zmianą argumentu x występującego w wyrażeniu U'_1 i U''_1 występuje jednoczesna zmiana: $U'_1 U''_1 = 11 \rightarrow 00$ lub zmiana: $U'_1 U''_1 = 00 \rightarrow 11$.

Funkcje f'_{a_1} , f'_{b_1} , określone ściśle z zaleceniami "metody uproszczonej", powinny zapewnić, aby poza i-tych warunkami działania nie istniały warunki działania U'_1 , zatem powinny one nie dopuścić do stanu $(11)_{U'_1 U''_1}$, a tym samym nie powinny one dopuścić do zmiany $U'_1 U''_1 = 11 \rightarrow 00$ ani $U'_1 U''_1 = 00 \rightarrow 11$. Ponieważ nie może istnieć zmiana $U'_1 U''_1 = 11 \rightleftharpoons 00$, która jest koniecznym i wataczającym warunkiem istnienia HSn w wyrażeniu W_1 , to W_1 nie może zawierać HSn i jest całkowicie wolne od hazardu.

Pełne wyrażenie (2) dla elementu W jest sumą wyrażeń W_i , z których każde jest wolne od hazardu. Suma dwóch wyrażeń W_i oraz W_j wolnych od hazardu jest zawsze wolna od HSn i HD i może zawierać HSn wtedy i tylko wtedy, kiedy istnieje taki stan układu, że przy zmianie pojedynczego argumentu występuje jednoczesna zmiana: $W_i W_j = 10 \rightleftharpoons 01$. Jednoczesna zmiana i-tych i j-tych warunków działania elementu W jest niemożliwa, ponieważ w cyklu pracy układu warunki W_i oraz W_j rozdzielone są i-tych warunkami niedziałania.

Przeprowadzone rozważania wykazują, że warunki działania elementu W_i określone w postaci (2) ściśle z zaleceniami uproszczonej metody tablic kolejności łączy, wolne są od hazardu.

W praktyce przy syntezie układów "metodą uproszczoną" odstępuje się często od ścisłych zasad określania funkcji f'_{a_1} i f'_{b_1} . Przy określaniu funkcji f'_{a_1} często nie dba się o to, aby zapobiegała ona powstaniu warunków zadziałania U'_1 :

- a - w taktach należących do warunków niedziałania elementu W , w których istnieją warunki wyłączenia U''_1 (korzystając z dominacji warunków wyłączenia),
- b - w taktach należących do l-tych ($l \neq i$) warunków działania elementu W (korzystając z faktu, że wtedy warunki W_i są powieleniem warunków W_1).

Również przy przedwczesnym zaniku warunków wyłączenia U''_1 często nie wprowadza się funkcji dodatkowej f'_{b_1} , jeżeli po tym zaniku nie istnieją również warunki zadziałania U'_1 (korzystając z tego, że dla nieaktywnych wartości: $U'_1 : U''_1 = 0$ i-te warunki działania $W_i = U'_1 U''_1$ posiadają wartość 0).

Wymienione odstępstwa od ścisłych zasad określania funkcji f'_{a_1} lub f'_{b_1} mogą spowodować, że w taktach nie należących do i-tych warunków działania może wystąpić stan $U'_1 U''_1 = 11$ i również jednoczesna zmiana $U'_1 U''_1 = 11 \rightleftharpoons 00$. Zmiana ta zawsze prowadzi do zjawiska HSn w wyrażeniu W_1 .

W wyrażeniu W , określonym w postaci (2), rozważana zmiana może mieć różne skutki zależnie od tego, w jakich taktach cyklu pracy elementu w ona występuje.

Jeżeli jednoczesna zmiana $U'_1 U''_1 = 11 \rightleftharpoons 00$ występuje przy zmianie argumentu x w takcie należącym do stabilnych stanów niedziałania elementu W , to prowadzi ona do zjawiska $HSn(x)$ w wyrażeniu (2) dla stabilnych stanów elementu W . Wtedy bowiem wyrażenie (2) przyjmuje postać: $W = x\bar{x} + 0$.

Jeżeli jednoczesna zmiana $U'_1 U''_1 = 11 \rightleftharpoons 00$ występuje przy zmianie x w niestabilnych stanach działania lub niestabilnych stanach niedziałania elementu W , to prowadzi ona do zjawiska $HD(x)$ w wyrażeniu (2) dla elementu W . Wtedy wyrażenie (2) przyjmuje postać odpowiednio: $W = x\bar{x} + x$ lub $W = x\bar{x} + \bar{x}$.

Jeżeli rozważana jednoczesna zmiana występuje w takcie należącym do stabilnych stanów działania elementu W , to nie ma ona żadnego wpływu na pracę elementu W . Wtedy wyrażenie (2) dla W przyjmuje postać: $W = x\bar{x} + 1$. Przypadek ten oczywiście nie może dotyczyć i -tych warunków działania, ponieważ w każdym takcie należącym do stabilnych i -tych stanów działania musi istnieć stan $U'_1 U''_1 = 10$.

Zjawisko HSn występujące w stanach stabilnych elementu pamięci może być przyczyną trwałych przekłamań pracy tego elementu i pracy całego układu sekwencyjnego [9], [10], [11]. Również HSn , występujący w stanach stabilnych elementu wyjściowego układu sekwencyjnego, który nie jest elementem pamięci, może być przyczyną chwilowych przekłamań pracy tego elementu i trwałych przekłamań pracy układu, w którym element W występuje.

Zatem jednoczesna zmiana $U'_1 U''_1 = 11 \rightleftharpoons 00$, występująca w wyrażeniu W_1 w taktach należących do stabilnych stanów niedziałania, jest niedopuszczalna.

Zjawisko HD , występujące w elemencie pamięci układu sekwencyjnego, może prowadzić do chwilowych przekłamań typu HD pracy tego elementu i nie może prowadzić do trwałych przekłamań pracy tego elementu ani rozważanego układu [9], [10], [11]. Również HD , występujący w realizacji elementu wyjściowego układu sekwencyjnego, który nie jest elementem pamięci, może prowadzić tylko do chwilowych przekłamań typu HD pracy tego elementu i nie może prowadzić do trwałych przekłamań pracy rozważanego układu sekwencyjnego.

Zatem jednoczesna zmiana $U'_1 U''_1 = 11 \rightleftharpoons 00$, występująca w niestabilnych stanach niedziałania lub niestabilnych stanach działania, dopuszczalna jest wtedy, gdy rozważana tablica kolejności łączy dotyczy układu sekwencyjnego nie sterującego innym układem pamięci i jest niedopuszczalna wtedy, gdy rozważana tablica dotyczy układu sterującego innym układem pamięci.

Oczywiście, jeżeli wyrażenie określające warunki zadziałania U'_1 i wyrażenie określające warunki wyłączenia U''_1 nie posiadają żadnego wspólnego argumentu występującego w obydwu tych wyrażeniach w takiej samej po-

staci (tylko prostej lub tylko zanegowanej), to wyrażenie W_1 wolne jest od hazardu.

3. PODSUMOWANIE

Rozwiązanie układu sekwencyjnego określone metodą uproszczoną tablic kolejności łączy ściśle z zaleceniami tej metody jest wolne od hazardu.

W praktyce stosując tę metodę często odstępuje się od ścisłych zasad określania funkcji f'_{a_1} , f'_{b_1} uzupełniających wyrażenie dla warunków zadziałania U'_1 .

W takich przypadkach przy określaniu wyrażeń logicznych należy uwzględnić następujące warunki:

1. Gdy rozważana tablica kolejności łączy dotyczy układu sekwencyjnego, nie sterującego innym układem pamięci, to warunki zadziałania U'_1 i wyłączenia U''_1 dowolnego elementu W nie mogą się zmieniać jednocześnie $U'_1 U''_1 = 11 \Rightarrow 00$ w żadnym taktie dotyczącym stabilnych stanów niedziałania elementu W .
2. Gdy rozważana tablica kolejności łączy dotyczy układu sekwencyjnego sterującego innym układem pamięci, to warunki U'_1 oraz U''_1 nie mogą się zmieniać jednocześnie $U'_1 U''_1 = 11 \Rightarrow 00$ w żadnym taktie należącym do stabilnych stanów niedziałania, niestabilnych stanów niedziałania lub niestabilnych stanów działania elementu W .

DODATEK

Przykład 1

Dla rozwiązalnej tablicy kolejności łążeń (rys. 2) "metodą uproszczoną" określić rozwiązanie dla elementu wejściowego Y oraz A.

Takty	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1
b	-	+		-		+		-		+
y	-		+					-		
a	-				+					-

Rys. 2. Tablica kolejności łążeń dla przykładu 1

Rozwiązanie

Element Y posiada jeden cykl pracy w pojedynczym cyklu pracy układu. Oto funkcje składowe wyrażenia logicznego dla elementu Y określone "metodą uproszczoną":

$$F' = b, F'' = \bar{b}, f'_b = \bar{a}, f'_c = y, f'' = a$$

i wynikające z nich wyrażenie:

$$Y = (F' f'_b + f'_c) \overline{F'' F''} = (b\bar{a} + y) \bar{a}.$$

Gdyby wyrażenie Y nie posiadało funkcji uzupełniającej f'_b , to warunki U' oraz U'' byłyby określone w postaci:

$$U' = b + y, \quad U'' = ba.$$

W takcie 7 cyklu pracy układu z rys. 3, należącym do stabilnych stanów niedziałania elementu Y, występuje taki stan, w którym wraz ze zmianą argumentu b występuje jednoczesna zmiana wyrażen: $U' = b+y$ oraz $U'' = ba$. Zmiana ta prowadzi do HSn w wyrażeniu pozbawionym funkcji f'_b . Zgodnie z określonymi w pracy warunkami funkcja f'_b jest konieczna celem określenia poprawnego wyrażenia logicznego dla elementu Y.

Takty	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<i>g</i>	-	+											-													
<i>f</i>	-																	+						-		
<i>e</i>	+																-		+				-			
<i>d</i>	-				+																				-	
<i>c</i>	-		+		-					+																-
<i>b</i>	-													+								-				
<i>a</i>	+		-				+		-		+					-						+				
<i>W</i>	-							+					-		+							-				
							<i>W₁</i>				<i>W₂</i>															
	cykl pracy układu																									

Rys. 3. Tablica kolejności łączy dla przykładu 2

Podobne zagadnienie występuje przy określaniu wyrażenia dla elementu A:

$$A = (F' f'_b + f'_c) \overline{F'' f''} = (\overline{b} y' + a) \overline{b} \overline{y},$$

w którym funkcja f'_b zapobiega jednoczesnej zmianie warunków zadziałania $U' = \overline{b} + a$ i warunków wyłączenia $U'' = \overline{b} y$ w taktach (rys. 2), należącym do stabilnych stanów niedziałania elementu A.

Przykład 2

Na podstawie rozwiązalnej tablicy kolejności łączeń (rys. 3) należy określić "uproszczoną metodę" rozwiązanie dla elementu W.

Rozwiązanie

W cyklu pracy układu występują dwa cykle pracy elementu W. Warunki działania elementu W są sumą warunków W_1 występujących w taktach 6÷9 oraz warunków W_2 występujących w taktach 13÷17.

Jeżeli wyrażenie W_1 określone jest na podstawie funkcji składowych:

$$F'_1 = a, \quad F''_1 = a, \quad f'_{a_1} = d, \quad f'_{c_1} = w, \quad f''_1 = c,$$

to wg wyrażenia:

$$W_1 = (F'_1 f'_{a_1} + f'_{c_1}) \overline{F''_1 f''_1} = (ad + w) \overline{ac}$$

warunki zadziałania $U'_1 = ad + w$ istnieją w taktach 10-14 oraz w taktach 20÷1 nie należących do warunków działania W_1 . W wymienionych taktach istnieją również warunki wyłączenia $U''_1 = ac$, dominujące w wyrażeniu $W_1 = U'_1 \overline{U''_1}$ nad warunkami zadziałania U'_1 . Zgodnie z warunkami podanymi w pracy należy wprowadzić funkcję f'_{b_1} , która ograniczy istnienie warunków zadziałania co najmniej o takty 1 i 20, w których bez wprowadzenia tego ograniczenia, w taktach 2 i 20 występują jednoczesne zmiany, odpowiednio: $U' U'' = 11 \rightarrow 00$ oraz $U' U'' = 00 \rightarrow 11$.

W taktach 15 również występuje jednoczesna zmiana $U' U'' = 11 \rightarrow 00$. Jednak ten takt należy do stabilnych stanów działania elementu W i zgodnie z warunkami podanymi w pracy, występująca w nim jednoczesna zmiana jest dopuszczalna. Rolę funkcji f'_{b_1} pełni funkcja $f'_{b_1} = g$.

Poprawnie określone warunki działania W_1 mają postać:

$$W_1 = (adg + w) \overline{ac}$$

Warunki działania W_2 określone są wolnym od hazardu wyrażeniem:

$$W_2 = F_2' \overline{F_2'' f_2''} = b \overline{ef}.$$

Pełne wyrażenie określające warunki działania elementu W ma postać:

$$W = W_1 + W_2 = (adg + w) \overline{ac} + b \overline{ef}.$$

LITERATURA

- [1] Siwiński J.: Simple method of synthesis sequential switching systems. International Symposium IFAC on theory of switching systems and finite automata. Abstracts of papers, Moscow 1962.
- [2] Siwiński J.: Prosty metod syntezy mnogotaktnych releyjnych schem. Trudy Międzynarodowego Simposia IFAC po teorii releyjnych ustrojstw i koniecznych awtomatow. Izdatielstwo AN SSSR, Moskwa 1965.
- [3] Siwiński J.: Synthesis of a class of finite automata using the method of numerical description. Third Congress of the International Federation of Automatic Control, London 1966.
- [4] Siwiński J.: Układy przełączające w automatyce. WNT, Warszawa 1974.
- [5] Huffman D.A.: The synthesis of sequential switching circuits. Journal of the Franklin Institute, vol 257, Nos 3, 4/1954.
- [6] Huffman D.A.: The design and use of hazard-free switching networks. Journal of the Association for Computing Machinery, vol 4, No 1, 1957.
- [7] Traczyk W.: Układy cyfrowe automatyki. WNT, Warszawa 1974.
- [8] Kamionka-Mikuła H.: Optymalny sposób wprowadzenia dodatkowych elementów pośredniczących do nierozwiązalnej tablicy kolejności łącz. Archiwum Automatyki i Telemekhaniki, z. 4, t. XXII, 1977.
- [9] Kamionka-Mikuła H.: Synteza dwupoziomowych układów minimalnych sterujących przerzutnikami. Archiwum Automatyki i Telemekhaniki, z. 1, t. XIX, 1974.
- [10] Kamionka-Mikuła H.: Synteza bezhazardowych układów TANT sterujących przerzutnikami. Archiwum Automatyki i Telemekhaniki, z. 2, t. XIX, 1974.
- [11] Kamionka-Mikuła H.: Analiza przypadków nieszkodliwości hazardu w automatach sekwencyjnych. Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice, 1974.
- [12] Unger H.S.: Asynchronous Sequential Switching Circuits, J. Wiley-Sons, New York, 1969.
- [13] Eichelberger E.B.: Hazard Detection in Combinational and Sequential Switching Circuits, IMB IRD 1965 vol. 9, no 2.

СИНТЕЗ МНОГОТАКТНЫХ РЕЛЕЙНЫХ СХЕМ УПРОЩЕННЫМ МЕТОДОМ ТАБЛИЦ
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ВКЛЮЧЕНИЙ И ЭФФЕКТ РИСКА

Р е з ю м е

В статье рассмотрена возможность выявления эффекта риска в последовательных схемах, определенных при помощи упрощенного метода таблиц последовательности включений [1], [2], [4].

Показано, что решение последовательных схем, определенное точно по правилам "упрощенного метода", не содержит риска.

Рассмотрены случаи, когда синтез последовательных схем ведется не точно по правилам упрощенного метода таблиц последовательности включений. Для этих случаев определены необходимые условия, которые надо учитывать при определении схем, свободных от риска.

THE SYNTHESIS OF SEQUENTIAL SWITCHING SYSTEMS USING THE SIMPLE
METHOD TABLES OF SWITCHING SEQUENCES ANT THE PROBLEM OF HAZARD

S u m m a r y

In the paper, the possibility of hazard problem existence in sequential switching circuits, obtained by means of the simple method of tables of switching sequences [1], [2], [4] is discussed.

It has been proved, that the sequential switching circuit realized exactly according to the rules of "simple method" is hazardless.

The cases of solving of sequential switching circuits, not exactly according to the rules of this "simple method" are discussed.

The indispensable conditions to be taken into account in aim to define the systems free from the hazard problem in such cases, have been formulated.